

Деградация картины дифракции мощного, ультракороткого рентгеновского излучения на атоме и молекулярном ионе водорода

Боровых Станислав Викторович

Санкт-Петербургский государственный университет

Смирнов Валерий Владимирович, д.ф.-м.н.

st.borovykh@yandex.ru

В настоящее время ведутся активные исследования в области использования возможностей XFEL для исследования структуры молекул [1, 2]. В существующих экспериментах структура восстанавливается из анализа картины дифракции рентгеновской волны на сильно ориентированных молекулах.

Одной из проблем здесь является деградация объектов в поле интенсивного лазерного излучения. Многообещающее решение этой проблемы состоит в использовании сверхбыстрой лазерной техники [2], когда формирование изображения происходит за время меньшее или порядка времени разрушения, так называемый режим "дифракция до деструкции". Существует два характерных времени разрушения. Одно связано с разрушением структуры молекулы при разлете атомных ядер. Это время лежит в фемтосекундной области. Другое связано с быстрой электронной подсистемой и имеет аттосекундный масштаб. При этом для достижения атомного разрешения требуется увеличение интенсивности лазерных пучков до величин, при которых возможностей методов, использованных в других работах при анализе деградации объекта, может оказаться не достаточно.

В настоящей работе теоретически исследуется деградация электронных оболочек атома и молекулярного иона водорода под действием фемтосекундного импульса рентгеновского излучения. Исследование разрушения объекта проводилось на основе траекторной методики базирующейся на разработанный в [3] траекторный метод, который может рассматриваться, как вариант квазиклассического приближения в представлении Вейля.

Проведено рассмотрение влияния деградации электронной подсистемы объекта на деградацию дифракционной картины. Анализируются изменения дифракционной картины при различных интенсивностях поля и частоты рентгеновского импульса. В качестве простейших объектов выбраны атом и молекулярный ион водорода. Преобразование Фурье дифракционной картины дает автокорреляционную функцию объекта.

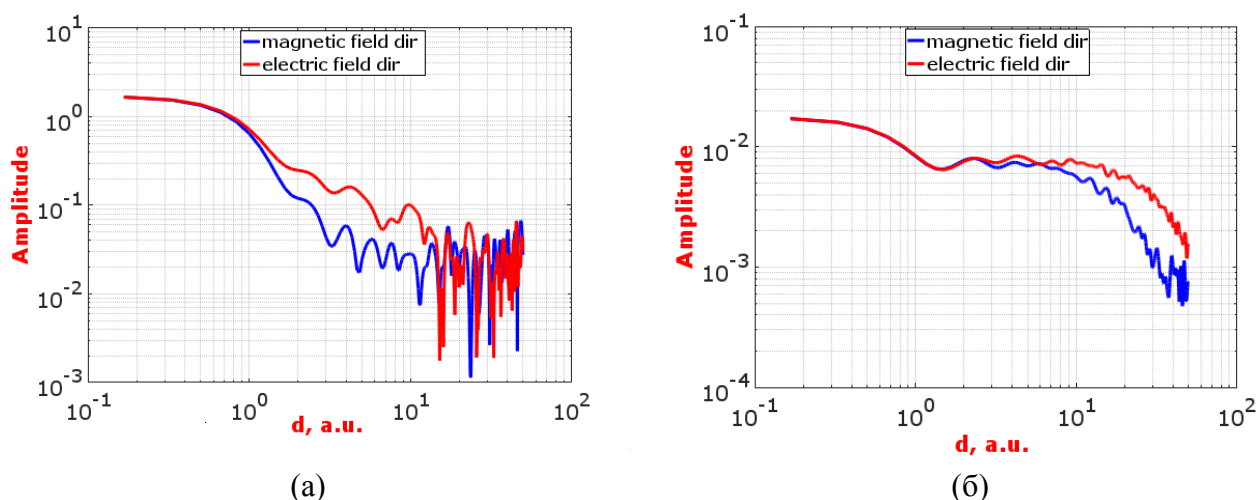


рис. 1. Автокорреляционная функция для атома водорода (а) при длительности импульса $\tau = 30$ а.е., частоте импульса $\omega = 1000$ а.е. и амплитуде векторного потенциала $A = 1$ а.е. (б) при длительности импульса $\tau = 30$ а.е., частоте импульса $\omega = 1000$ а.е. и амплитуде $A = 1000$ а.е.

На рис. 1 (а, б) представлены автокорреляционные функции атома водорода для слабого и сильного поля рентгеновского импульса. Из графика видно, что в первом случае спад функции примерно в 3 раза соответствует ширине рассеивателя ~ 1 Å, в случае же сильного поля ширина пика ~ 10 Å, что означает деградацию образца. Причём, образец деградирует различным образом в направлении магнитного (синяя кривая) и электрического полей (красная кривая).

Список публикаций:

- [1]. A. Aquila, et. al. The linac coherent light source single particle imaging road map. *Structural Dynamics* 2, 041701 (2015)
- [2]. J. Kupper, et al. X-ray diffraction from isolated and strongly aligned gas-phase molecules with a free-electron laser. *Phys. Rev. Lett.* 112, 083002 (2014)
- [3]. A. B. Bichkov, A. S. Kozhina, V. V. Smirnov. The prospects of evaluation the probabilities of multiple photoionization of atoms in a wide range of field strengths on base of one method. *Physics Letters A* 380 1263-1266 (2016)